IMT-2000을 위한 계층적 분산 동적 위치 관리 방법의 설계 및 평가

배인한[†] · 이주영[††]

요 약

미래 이동 통신 시스템에서 중요한 기술적인 문제 중의 하나는 사용자와 단말기의 위치 관리 기술과 핸드오프 기술을 포함하는 이동성 관리 기술이다. 본 논문에서는 IMT-2000 환경에 적합한 계층적 분산 동적 위치 관리 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 위치 레지스터들로 클러스터를 구성하고, 그 클러스터들을 계층 구조로 형성한다. 각 계층별 협동하는 다른 위치 관리 정책을 사용할 뿐만 아니라 다른 셀의 이동 단말기로부터의 국부 이동 단말기의 위치 질의 빈도를 고려한 위치 갱신 알고리즘을 사용한다. 그리고 분석적 모델을 통하여 제안하는 방법의 성능을 평가한다.

Design and Evaluation of a Hierarchical Distributed Dynamic Location Management Scheme for the IMT-2000

Ihh-Han Bae[†] and Joo-Young Lee[††]

ABSTRACT

Mobility management technology is one among the most important issues in future mobile communication systems. The mobility management technology includes location management and handoff technologies. In this paper, we present a hierarchical distributed dynamic location management scheme that is compatible with the IMT-2000 environment. The proposed scheme composes a cluster with location registers, then makes up a hierarchical structures consisting of clusters. Each layer in the hierarchical structure uses different location management strategies cooperating another layers with each other. Also, the proposed scheme uses location update algorithm considering the frequency of location queries from nodes outside the local cells. We evaluate the performance of the proposed scheme through an analytical model.

1. 서 론

IMT-2000 (international mobile telecommunication)은 다양한 이동 통신 시스템의 규격을 통일하여 세계 어느 곳에서도 동일한 단말기로 멀티미디어 서비스를 이용할 수 있도록 하는 차세대 이동 통신 시스템이다. 이동 통신 환경에서 이동 가입자에 대한 각종 서비스 제공은 사용자 등록 및 위치 갱신 등 사용자와 단말기의 위치를 알 수 있게 해 주는 위치 관리 기술과 지속적인 서비스를 제공해 주는 핸드오프 기술로 가능하다. 따라서 위치 관리 기술과 핸드오프 기술을 포함한 이동성 관리 기술은 미래 이동 통신 시스템에서 중요한 기술 중의 하나이다.

IMT-2000 시스템은 글로벌 로밍(roaming)을 하나의 목표로 하는 범 세계적인 이동 통신 시스템으로 IMT-2000 훼밀리 시스템간의 네트워크 접근점, 서비스 환경, 그리고 위치 지역간에 이동하는 IMT-2000 단말기와 사용자를 위한 요구사항을 포함한다. IMT-2000 사용자들은 한 단말기에서 다른 단말기로 UIM(user identification module)을 이용하여 이동할 수 있고 서비스 받을 수 있다. IMT-2000 시스템에서의 이동성은 글로벌 로밍 차원에서 정의되며

† 정회원, 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
†† 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 전산전공(석사과정)

크게 단말기 이동성, 개인 이동성, 그리고 서비스 이동성을 포함한다. 여기서 단말기 이동성은 단말기가 다른 지역으로 이동하여도 계속하여 통신 서비스를 액세스할 수 있는 기능을 말하고, 개인 이동성은 UIM을 이용하여 IMT-2000 이동 단말기간에 자신의 식별자를 전달할 수 있는 기능을 말하며, 그리고 서비스 이동성은 IMT-2000 환경 내에서 어디에서든지 사용자의 요구에 따라 자신이 등록한 서비스를 투명하게 액세스 되도록 하는 기능을 말한다[1].

IMT-2000 환경에서 단말기 이동성을 지원하는 위치 관리 방법은 글로벌 로밍을 지원하기 위하여 대규모 이동망에 적합해야 할 뿐만 아니라 신뢰성 있고 빠른 호 설정 및 전달이 가능한 분산 위치 데이터베이스 구조를 가지고 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 IMT-2000 환경에 적합하도록 대규모 이동망에 적용 가능하고 분산 위치 데이터베이스를 사용하는 계층적 동적 분산 위치 관리 방법을 제안하고, 분석적 모델로 성능을 평가한다. 제안하는 방법에서는 위치 레지스터들로 클러스터를 구성하고, 그 클러스터들을 다시 3-계층구조로 구성한다. 그리고 이동 단말기가 다른 셀의 이동 단말기들로부터 받은 위치 탐색 요청 회수를 고려하여 각 계층별 다른 위치 갱신 정책을 사용한다. 따라서 인기 있는 이동 단말기의 위치 정보는 다수의 위치 레지스터들에서 관리되는데 반해, 인기 없는 이동 단말기의 위치 정보는 상대적으로 적은 위치 레지스터들에서 관리된다. 따라서 인기 없는 이동 단말기의 위치 정보를 위한 위치 레지스터의 공간 부하와 질의 부하를 감소시킬 뿐만 아니라 인기 있는 이동 단말기의 위치 정보는 빠르게 액세스할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 개괄적인 IMT-2000 시스템 모델에 대하여 설명하고, 3장에서 위치 관리 기술에 대하여 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 IMT-2000을 위한 계층적 분산 동적 위치 관리 방법을 제안하고, 5장에서 분석적 모델로 제안한 방법의 성능을 평가한다. 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 시스템 모델

IMT-2000은 기존 음성 위주의 서비스 형태에서 디지털 기술을 이용하여 고속 광대역 멀티미디어 제공을 목표로 한 서비스이다. 현재 1.885~2.025 GHz 및 2.110~2.200 GHz 대역의 230 MHz를 사용해 최대 2 Mbps 속도의 멀티미디어 서비스 구현을 목표로 하고 있다. 다시 말해 전화망, 셀룰러 및 PCS망, 그리고 위성망의 통합을 통해 '원 넘버 · 원 스톱 · 멀티미디어 서비스'를 개발하는 것이다. 궁극적으로 IMT-2000의 개념은 국가별, 기술 방식별로 서로 다른 기존의 이동 통신의 단점을 극복하고 전화뿐만 아니라 팩스 전송과 인터넷 등 정보 검색 기능, 더 나아가 동영상 정보까지 마음대로 주고받을 수 있는 글로벌 멀티미디어 통신 서비스를 개발하는 것이다. 본 논문에서는 그림 1과 같은 고속 광대역 ATM망을 기반으로 기지국과 이동 단말기간에 무선 환경을 제공하는 IMT-2000 시스템을 고려하였다.
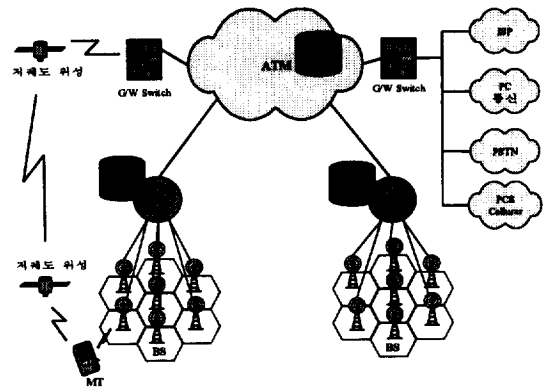
그림 1. IMT-2000 시스템 구조

그림 1에서, 멀티미디어 응용들은 이동 단말기(MT, mobile terminal)에서 수행되고, 그 MT는 에어 인터페이스를 통해 기지국(BS, base station)과 통신한다. BS는 유선 전송을 위해 기지국 제어기(BSC, base station controller)를 통하여 이동 교환국(MSC, mobile switching center)과 연결되고, MSC는 ATM (asynchronous transfer mode)망에 연결된다. MSC는 로밍 관리를 제공하기 위하여 HLR(home location register)과 VLR(visitor location register) 같은 위치 등록 데이터베이스와 통신한다.

본 논문에서는 위치 데이터베이스를 기능적으로 HLR과 VLR로 구분하지 않으며, 모든 위치 등록 데이터베이스를 위치 레지스터(LR, location register)라 한다. MT의 위치 정보가 저장되는 LR들의 부분집합을 quorum이라 하며, quorum은 다음 속성을 만

족한다[2,3].

① $\bigcup_{i=0}^{m-1} S_i = S$

여기서, S_i는 LR i의 quorum, S는 모든 LR들의 집합을 나타낸다.

② 비공백 교집합 속성(non-empty intersection property)

$S_i \cap S_j \neq \emptyset$, for $0 \leq i, j \leq m-1$

③ 동등한 작업 속성(equal work property)

$|S_1| = \cdot \cdot \cdot = |S_{m-1}| = K$

여기서, K는 quorum의 크기를 나타낸다.

④ 동등한 책임 속성(equal responsibility property)

어떤 LR_j ($0 \leq j \leq m-1$)는 K개의 S_i ($0 \leq i \leq m-1$)들에 포함된다.

⑤ S_i ($1 \leq i \leq N$)는 항상 자신 i를 포함한다.

3. 위치 관리 기술

위치 관리란 단말기의 위치 이동에 관계없이 호의 발신뿐만 아니라 착신까지 가능하도록 하는 것이 목적이다. 위치 관리는 크게 위치 등록과 위치 갱신을 포함한 위치 추적과 위치 파악으로 정의할 수 있다. 여기서 위치 등록은 MT가 이동망에 등록할 때 혹은 새로운 이동망으로 이동하여 등록할 때 자신의 존재를 알리기 위하여 자신의 식별번호를 알려 등록하는 과정을 말하고, 위치 갱신은 등록된 MT의 이동에 따라 위치 정보를 새롭게 갱신해 나가는 과정을 말한다. 또 위치 파악은 호 설정 시 착신호를 전달하기 위해 현재 MT가 접속된 교환국을 찾아내는 과정을 말한다. 일반적으로 위치 파악은 호 설정 전에 별도로 이루어지거나 호 설정 과정의 일부로써 수행될 수 있다[1].

위치 관리 기술은 망의 신호 트래픽과 HLR의 접속 부하를 줄이면서 사용자 투명성, 위치와 사용자 정보 기밀성, 셀/네트워크 식별성, 신호 부하 최소 등의 요구사항을 수용할 수 있어야 한다. 대표적인 위치 관리 방식으로는 HLR의 접속 회수를 줄인 캐싱(caching) 방식, 포워딩(forwarding) 방식, 앵커(anchor) 방식, 홈 MT에 대해 VLR를 사용하지 않는 단층 방식, 그리고 위치 데이터베이스를 계층적으로 배열한 계층 방식 등이 있다.

- 캐싱 방식 : 이동 단말기에 대한 위치 질의가 STP(signal transfer point)를 통해 HLR에 질의가 도착하면 STP는 이 MT의 위치 정보를 캐쉬에 저장한다. 그리고 이후에 이 단말기에 대한 위치 정보가 질의되면 HLR을 액세스하지 않고 캐쉬에 저장된 정보를 이용한다.
- 포워딩 방식 : MT가 최초의 위치 등록 시에는 HLR과 VLR에 위치 등록을 하고 등록한 지역을 바꿀 때에는 이전 VLR로 메시지를 전송하여 현재 VLR을 가리키는 포워딩 포인터(forwarding pointer)를 설정하는 방식이다[4-7].
- 앵커 방식 : 이동 단말기가 등록지역을 옮겼을 때 새로 들어온 지역의 MSC는 해당 VLR에 그 단말기의 위치를 등록하며, 이 정보는 HLR이 아닌 그 단말기 부근에 위치한 LA(local anchor)로 전송되어 위치 정보가 갱신된다.
- 단층 방식 : 단층 방식에서는 HLR을 지역적으로 분산시켜 배치하여 VLR 없이 위치 등록 메시지와 호 설정 요구 메시지는 HLR로 직접 전송된다[2,10,11].
- 계층 방식 : 위치 데이터베이스를 계층적으로 배열하므로 MT의 위치 추적과 호 설정 과정이 지역적으로 이루어진다. 각 데이터베이스는 현재 그 노드 밑에 있는 모든 가입자에 대한 위치 정보를 가진다. 따라서 위치 추적 과정에서는 이전 노드와 새로운 노드의 공통 조상 노드까지의 데이터베이스를 갱신하며 위치 파악 메시지는 송신측과 수신측 공통 조상까지 전송된다[8].

현재 가장 많이 사용되는 이동 사용자의 위치 정보 관리 방법은 HLR과 VLR의 두 가지 데이터베이스를 사용하는 2-단계 계층구조를 기반으로 한다. 2-단계 계층구조를 사용하는 대표적인 위치 관리 방법은 북미와 유럽에서 각각 표준으로 정하여 사용하고 있는 IS-41(interim standard 41)과 GSM(global system for mobile communication)이다. IS-41에서 시스템 서비스 영역은 다수의 등록 지역(RA, registration area)으로 나뉘어지고, 하나의 RA은 다수의 셀로 구성된다. 각 RA마다 하나의 LR이 존재한다. MT의 위치 정보를 유지하기 위하여 모든 MT에 대하여 유일한 HLR과 그 MT의 현재 위치와 관련된 VLR을 사용한다[4,5].

Ratnam은 대형 PCS(personal communication services)에 적합하도록 LR들을 클러스터들의 계층구조로 구성하고, 위치 정보의 유포를 가능한 한 클러스터 내부로 제한하는 분산 위치 관리 방법을 제안하였다[8]. 여기서 각 LR은 그 LR에서 뿌리내린 부트리에서 현재 서비스되고 있는 모든 MT의 위치 정보를 관리한다. 만일 MT가 LR의 자손들 중의 하나의 LR에 의해 서비스되고 있다면, LR은 MT를 추적하기 위하여 MT를 포함하는 부트리인 인접 차일드 LR의 식별자(ID)를 관리한다. 홉 단위의 LR 트리 운행을 통하여 MT를 서비스하고 있는 목적 LR을 추적한다. 만일 MT의 위치 엔트리가 LR에 존재하지 않는다면, 추적 요청은 LR의 부모 레지스터에 전송된다. 추적 요청은 MT의 위치 정보를 갖는 LR에 도달할 때까지 트리를 상향 운행한다. LR은 위치 정보에 의해 가리켜진 LR로 추적 요청을 전송한다. 추적 요청은 MT를 현재 서비스하고 있는 LR에 도달할 때까지 하향 운행된다.

4. 계층적 분산 동적 위치 관리 방법

완전 분산 위치 관리 방법은 모든 MT들에 대한 새로운 위치 정보는 이동 무선 네트워크내의 모든 LR들에 유포되어진다. 네트워크의 크기가 커질수록 위치 정보 유포는 네트워크 대역폭의 중요한 부분을 낭비할 뿐 아니라 많은 갱신 메시지를 처리하기 위하여 LR 자원들의 중요한 부분을 소비한다. 이러한 문제점을 피하기 위하여, 본 논문에서는 MT의 위치 정보 갱신이 그 MT를 현재 서비스하고 있는 LR이 속한 클러스터내의 LR들로 제한되는 동적 분산 위치 관리 방법을 제안한다. 여기서는 MT와 관련된 HLR은 없고, MSC는 자신의 등록지역 내에 있는 모든 MT에 대해 다른 등록지역의 호스트들에 의한 위치 질의 선호도를 관리한다. 각 MT의 위치 질의 선호도는 [t-T, t] 동안에 평균적으로 다른 LR들로부터 받은 단위 시간 당 질의의 개수가 정해진 임계치를 초과하면 hot MT이고, 아니면 cold MT이다. 제안하는 동적 분산 위치 관리 방법에서는 그림 2와 같이 LR들을 클러스터로 구성한 다음, 다시 3-계층구조를 형성한다.

단계-1의 각 LR은 부모 LR의 모든 자식 LR들 즉, 그 LR이 속한 같은 클러스터내의 모든 LR에서 현재 서비스되고 있는 MT들의 위치 정보를 관리하고, 단계-2에서는 만일 위치 변경을 일으킨 MT가 hot이면, 그 MT를 서비스하고 있는 LR을 자식으로 갖는 부모 LR의 모든 형제 LR들에서 그 MT의 위치 정보가 관리된다. 아니면, 그 MT를 서비스하고 있는 LR을 자식으로 갖는 부모 LR이 조상 LR의 왼쪽 자식에 속하면 조상 LR의 왼쪽 부트리에 속하는 형제 LR들에서만 또는 오른쪽 자식에 속하면 조상의 오른쪽 부트리에 속하는 형제 LR들에서만 그 MT의 위치 정보가 관리된다. 그리고 단계-3에서는 만일 위치 변경을 일으킨 MT가 hot이면, 모든 조상 LR들에서 그 MT의 위치 정보가 관리된다. 아니면, 단계-3의 모든 LR들로 격자기반 방법에 기초하여 quorum을 구성한 다음, 그 MT의 조상 LR의 quorum에 속하는 조상
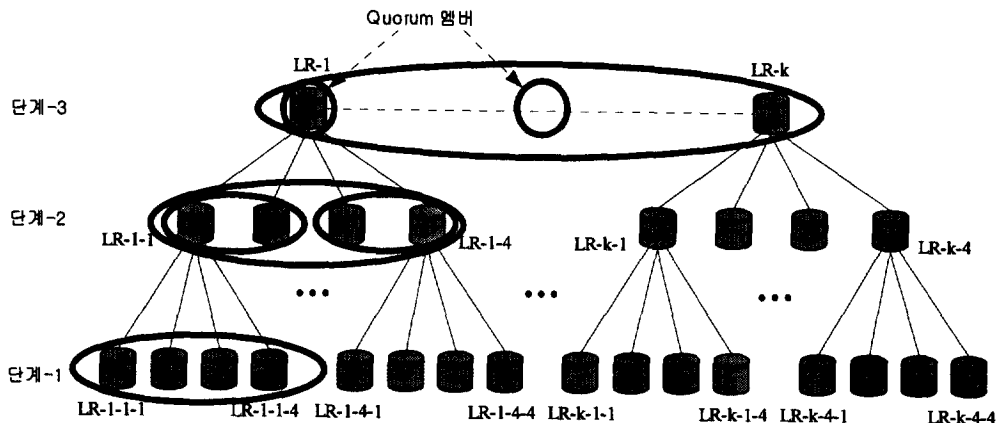
그림 2. 3-단계 계층적 배열의 개념적 모델

LR들에서만 그 MT의 위치 정보를 관리한다. 단계-2와 단계-3의 LR들에서 관리되는 MT에 대한 위치 정보는 그 MT가 현재 서비스되는 형제 LR에 대한 포인터 정보이다.

그림 2에서, 만일 어떤 cold MT가 LR-1-1-1의 서비스 영역 안에 있다면, 그 MT의 위치 정보는 단계-1에서는 LR-1-1-1이 속한 클러스터내의 LR들 즉, LR-1-1-1, ..., LR-1-1-4에서 관리되고, 단계-2의 LR-1-1에서는 그 MT에 대한 위치 정보로 LR-1-1-1을 가리키는 포인터를 관리하고, 아울러 LR-1-2에서는 그 MT에 대한 위치 정보로 LR-1-1을 가리키는 포인터를 관리한다. 그리고 단계-3의 LR-1에서는 그 MT에 대한 위치 정보로 LR-1-1을 가리키는 포인터를 관리하고, LR-1의 quorum에 속하는 다른 LR들은 그 MT의 위치 정보로 LR-1을 가리키는 포인터를 관리한다.

어떤 MT를 서비스하는 LR을 추적하는 것은 그 MT를 서비스하고 있는 LR에 도달할 때까지 홉 단위의 LR 트리 운행을 포함한다. 만일 어떤 MT에 대한 위치 엔트리가 어떤 LR에 존재하지 않으면, 추적 요청이 그 LR의 부모 LR로 상향 운행된다. 목적지 MT가 cold인 경우, 그 LR의 조상 LR에서도 그 MT에 대한 위치 엔트리가 없으면, 그 조상 LR의 quorum 멤버들에게 추적 요청 메시지를 멀티캐스트 한다. 예를 들어 그림 2에서 LR-1-4-4에 있는 근원지 MT가 LR-1-1-1에 의해 서비스되고 있는 목적지 hot MT의 위치를 추적한다면, LR-1-4-4는 LR-1-4에게 추적 요청 메시지를 전송하고, LR-1-4는 LR-1-1에게 추적 요청 메시지를 전송하고, 그리고 그것은 LR-1-1-1로 하향 운행된다. 찾은 위치 정보는 LR-1-4-4에게로 반환된다.

우리는 위치 갱신 과정과 위치 탐색 과정을 알고리즘으로 표현하기 위하여 다음 기호들을 정의하였다.

- MTid : 고려되어지는 이동 단말기의 식별자(id)를 나타낸다.
- LDi[MTid] : 이동 단말기 MHid에 대한 LRi에서 위치 디렉토리 엔트리를 나타낸다. 그것은 그 MT를 서비스하는 LR의 id 또는 그 MT를 서비스하는 LR의 부모 id를 포함한다. LDi[MTid].LRid는 그 LR을 확인한다. 만일 그곳에 그 MT를 위한 위치 디렉토리 엔트리가 없다면, LDi[MTid]는 NULL이다.
- UPDATE: 네트워크에서 전송되는 위치 갱신 메시지를 나타낸다. UPDATE.LRid는 갱신 메시지를 생성한 LR의 id를 나타낸다.
- RemoveMTfromList: 데이터베이스로부터 어떤 MT의 LD 엔트리를 제거할 것을 LR에 알린다.
- Child(LRid) : 노드 LRid의 모든 자식 LR들을 포함하는 리스트를 나타낸다.
- Parent(LRid) : 노드 LRid의 부모 노드를 확인한다.
- S_List(LRid): 노드 LRid와 같은 부모를 갖는 모든 형제 LR들을 포함하는 리스트를 나타낸다.
- LS_list(LRid): 노드 LRid와 같은 부모를 갖는 왼쪽 형제 노드들을 포함하는 리스트를 나타낸다.
- RS_list(LRid): 노드 LRid와 같은 부모를 갖는 오른쪽 형제 노드들을 포함하는 리스트를 나타낸다.
- A_List(LRid): 노드 LRid의 부모 노드의 모든 형제 노드들을 포함하는 리스트를 나타낸다.
- Quorum_list(LRid): 노드 LRid의 부모 노드와 그 부모 노드의 quorum에 속하는 노드들을 포함하는 리스트를 나타낸다.

위치 레지스터의 계층구조에서 어떤 LRi가 MTid의 위치 변경에 따라 UPDATE 메시지를 전송하거나 수신하였을 때 실행되는 개괄적인 위치 갱신 알고리즘의 구조는 그림 3과 같다.

5. 성능 평가

5장에서는 분석적 모델을 사용하여 제안하는 동적 분산 위치 관리 방법의 성능을 평가한다. 여기서 평가된 항목은 위치 탐색 비용과 위치 갱신 비용을 합한 전체 비용이다.

위치 탐색 비용은 어떤 MT로부터의 호가 국부 클러스터에 있는지 없는지, hot인지 아닌지에 의존한다. 국부 클러스터로부터 호를 찾는 비용은 다음과 같다.

$$Find_{local-call-level1} = Cost(LR_{caller} \leftrightarrow LR_{callee}) = Cost(LR_{local} \leftrightarrow LR_{local}) \quad (1)$$

단계-2의 형제 LR로부터 호를 찾는 비용은 다음과 같다.

$$Find_{local-call-level2} = Cost(LR_{caller} \leftrightarrow LR_{caller-level2}) + Cost(LR_{caller-level2} \leftrightarrow LR_{callee-level2}) + Cost(LR_{callee-level2} \leftrightarrow LR_{callee}) \quad (2)$$

```
Send_UPDATE(MTid, LRi)
begin
  generate UPDATE msg with MTid and UPDATE.LRid = LRi
    send UPDATE msg to all LRs ∈ S_list(LRi)
    j=Parent(LRi)
    forward UPDATE msg to LRj
end

Receive_UPDATE(LRi)
begin
    switch (the level of LRi)
      case 1: LDi[MTid].LRid = UPDATE.LRid
      case 2: if UPDATE.LRid ∈ Child(LRi)
                if Parent(LDi[MTid].LRid) ≠ Parent(UPDATE.LRid)
                  generate UPDATE msg with MTid and UPDATE.LRid = LRi
                  if MTid = hot
                    send UPDATE msg to all LRs ∈ S_list(LRi)
                  else
                    if LRi ∈ LS_list(LRi)
                      if Parent(LRi) = Parent(LDi[MTid].LRid and
                         LDi[MTid].LRid ∈ RS_list(LRi)
                          send RemoveMTfromList to all LRs ∈ RS_list(LRi)
                      send UPDATE msg to all LRs ∈ LS_list(LRi)
                    else
                      if Parent(LRi) = Parent(LDi[MTid].LRid) and
                         LDi[MTid].LRid ∈ LS_list(LRi)
                          send RemoveMTfromList to all LRs ∈ LS_list(LRi)
                      send UPDATE msg to all LRs ∈ RS_list(LRk)
                 k=Parent(LRi)
                 forward UPDATE msg to LRk
                else
                 if LDi[MTid].LRid ∈ Child(LRi)
                   send RemoveMTfromList to all LRs ∈ Child(LRi)
                LDi[MTid].LRid = UPDATE.LRid
      case 3: if UPDATE.LRid ∈ Child(LRi)
                if Parent(LDi[MTid].LRid) ≠ Parent(UPDATE.LRid)
                  generate UPDATE msg with MTid and UPDATE.LRid = LRi
                  if MTid = hot
                    send UPDATE msg to all LRs ∈ A_list(LRi)
                  else
                    send UPDATE msg to all LRs ∈ Quorum_list(LRi)
                    send RemoveMTfromList to
                         all LRs ∈ Quorum(Parent(LDi[MTid].LRid))
                LDi[MTid].LRid = UPDATE.LRid
end

Receive_RemoveMTfromList(LRi)
begin
    switch (the level of LRi)
      case 1: delete MTid entry from LRi
      case 2: if MTid ∈ LDi[MTid]
                backward RemoveMTfromList to all LRs ∈ Child(LRi)
              delete MTid entry from LRi
      case 3: if MTid ∈ LDi[MTid]
                if MTid = hot
                  backward RemoveMTfromList to all LRs ∈ Child(LRi)
                else
                  if LDi[MTid].LRid ∈ LS_list(LDi[MTid].LRid)
                    backward RemoveMTfromList to
                         all LRs ∈ LS_list(LDi[MTid].LRid)
                  else
                    backward RemoveMTfromList to
                         all LRs ∈ RS_list(LDi[MTid].LRid)
              delete MTid entry from LRi
end
```

그림 3. 위치 갱신 알고리즘

그리고 단계-3의 형제 LR로부터 호를 찾는 비용을 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Find_{remote-call} = & Cost(LR_{caller} \leftrightarrow LR_{caller-level2}) \\ & + Cost(LR_{caller-level2} \leftrightarrow LR_{caller-level3}) \\ & + Cost(LR_{caller-leve3} \leftrightarrow LR_{callee-level3}) \\ & + Cost(LR_{callee-level3} \leftrightarrow LR_{callee-level2}) \\ & + Cost(LR_{callee-level2} \leftrightarrow LR_{callee}) \end{aligned} \quad (3)$$

따라서 위치 탐색 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Find = & P_{find-hot}\{P_{local-call-level1} \times Find_{local-call-level1} \\ & + P_{local-call-level2} \times Find_{local-call-level2} \\ & + [1-(P_{local-call-level1} + P_{local-call-level2})] \times Find_{remote-call}\} \\ & + (1-P_{find-hot})\{P_{local-call-level1} \times Find_{local-call-level1} \\ & + \frac{P_{local-call-level2}}{2} \times Find_{local-call-level2} \\ & + \left[1-(P_{local-call-level1} + \frac{P_{local-call-level2}}{2})\right] \\ & \times (\frac{2\sqrt{M_{level3}}-1}{M_{level3}} \times Find_{remote-call} \\ & + (1-\frac{2\sqrt{M_{level3}}-1}{M_{level3}}) \times (2\sqrt{M_{level3}} + Find_{remote-call}+1))\Big\} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 $P_{find-hot}$은 호 연결을 위하여 찾는 목적 MT가 hot일 확률, $P_{local-call-level1}$ 은 도착된 호가 국부 클러스터내의 어떤 MT로부터의 호일 확률, $P_{local-call-level2}$는 도착된 호가 같은 조상 LR의 단계-2 형제 LR내의 어떤 MT로부터의 호일 확률, 그리고 M_{level3}는 단계-3의 모든 LR의 개수를 각각 나타낸다.

위치 갱신 비용은 어떤 MT가 같은 단계-2 LR 또는 단계-3 LR에 속하는 단계-1 LR로 이동하였는지 아닌지, 그리고 그것이 hot인지 아닌지에 의존한다. MT가 같은 단계-2 LR에 속하는 LR로 이동한 경우, 그 위치 정보는 그 클러스터내의 모든 LR들에 위치 정보를 유포한다. 따라서 위치 갱신 비용은 다음과 같다.

$$Update_{level1} = C_{level1} \times (M_{level1} - 1) \quad (5)$$

여기서 C_{level1}은 두 개의 인접한 단계-1 LR들을 연결하는 링크의 평균 비용이고, M_{level1}은 단계-1 클러스터내의 LR들의 개수를 나타낸다.

만일 어떤 MT가 같은 단계-3 LR에 속하는 다른 단계-2 LR로 이동한 경우, 그 MT가 hot인지 아닌지에 따라 위치 갱신 비용이 달라진다.

$$\begin{aligned} Update_{level2} = & 2 \times C_{level1} \times (M_{level1} - 1) + C_{level2} \times \\ & \left\{P_{update-hot} \times (M_{level2} - 1) + (1-P_{update-hot}) \times (\frac{M_{level2}}{2} - 1)\right\} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 C_{level2}는 두 개의 인접한 단계-2 LR들을 연결하는 링크의 평균 비용이고, $P_{update-hot}$ 은 이동하는 MT가 hot일 확률이고, 그리고 M_{level2}는 단계-2의 형제 LR들의 개수를 나타낸다.

어떤 MT가 다른 단계-3 LR에 속하는 LR로 이동한 경우도 그 MT가 hot인지 아닌지에 따라 위치 갱신 비용이 달라진다.

$$Update_{level3} = 2 \times C_{level1} \times (M_{level1} - 1) + 2 \times C_{level2} \times \{P_{upadte-hot} \times (M_{level2} - 1) + (1 - P_{update-hot}) \times (\frac{M_{level2}}{2} - 1)\} + C_{level3} \times \{P_{update-hot} \times (M_{level3} - 1) + (1 - P_{update-hot}) \times 2(2\sqrt{M_{level3}} - 1)\} \quad (7)$$

여기서 C_{level3}는 두 개의 인접한 단계-3 LR들을 연결하는 링크의 평균 비용을 나타낸다. 그러므로 위치 갱신 비용은 다음과 같다.

$$Update = P_{local-move} \times Update_{level1} + P_{level2-sibling-move} \times Upate_{level2} + (1 - (P_{local-move} + P_{level2-sibling-move})) \times Update_{level3} \quad (8)$$

여기서 $P_{local-move}$는 MT가 같은 클러스터내의 다른 LR로 이동할 확률, $P_{level2-sibling-move}$는 MT가 같은 조상 LR의 단계-2 형제 LR로 이동할 확률을 나타낸다.

이동 당 호 도착율을 λ, 등록 영역에 MT의 평균 거주 시간을 $1/\mu$라 두면, 제안하는 방법의 위치 관리를 위한 전체 비용은 다음과 같다.

$$Total = Update + \frac{\lambda}{\mu} \times Find \quad (9)$$

수식 (9)에서 $\frac{\lambda}{\mu}$를 호 이동율 (CMR, call to mobility ratio)이라 한다. 제안하는 방법의 성능을 수치 결과로 분석하기 위하여, 그림 4와 같은 LR들의 논리적 망사(mesh) 위상을 고려한다.
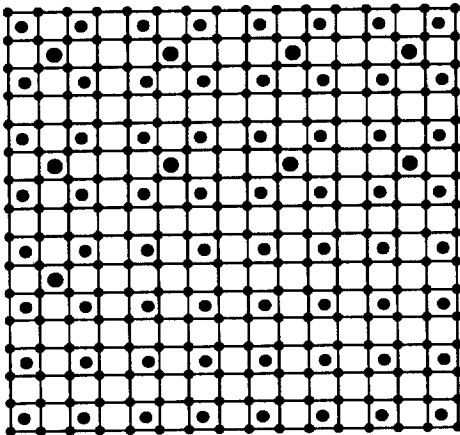
그림 4. 위치 레지스터들의 망사 전개

그림 4에서 클러스터의 평균 LR의 개수는 $\frac{N_{LR}}{N_c}$이고, 단계-2 LR은 클러스터의 중앙에 단계-1 LR과 함께 위치된다. 마찬가지로 단계-3 LR도 단계-2 LR들의 중앙에 있는 단계-1 LR과 함께 위치된다. 성능 분석을 위해 정의된 매개변수에 대해 표 1과 같은 관련 비용을 얻을 수 있다.

표 1. 매개변수와 비용

매 개 변 수	값
전체 LR의 개수	N_{LR}
클러스터의 개수	N_c
조상 LR들의 개수	N_a
C_{level2}	$\sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}}\, C_{level1}$
C_{level3}	$2 \times \sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}}\, C_{level1}$
$Cost(LR_{local} \leftrightarrow LR_{local})$	$1.33\left(\frac{\sqrt{\frac{N_{LR}}{N_c}}}{2}\right) C_{level1}$
$Cost(LR_{caller} \leftrightarrow LR_{caller-level2})$	C_{level1}
$Cost(LR_{caller-level2} \leftrightarrow LR_{caller-level2})$	$1.33(\frac{N_{LR}}{2N_c}) C_{level1}$
$Cost(LR_{caller-level2} \leftrightarrow LR_{caller-level3})$	$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{N_c}{N_a}}\, C_{level2}$
$Cost(LR_{caller-level3} \leftrightarrow LR_{callee-level3})$	$1.33(\frac{N_a}{2}) C_{level3}$

우리는 논리적으로 32×32 망사 위상으로 구성된 1,024개의 LR들을 갖는 IMT-2000 시스템이라 가정한다. 그리고 4개의 LR들을 하나의 클러스터를 구성하고, 인접한 단계-1 LR들을 연결하는 링크 비용을 1로 정규화하고, 일반적으로 MT는 먼 거리보다는 이동 패턴에 따라 가까운 거리로 움직이고, 가까운 인기 있는 호스트에 대한 호 연결 요청을 많다는 것을 고려하여 $P_{find-hot}$ =0.7, $P_{local-to-level1}$=0.5, $P_{local-to-level2}$ =0.3, $P_{update-hot}$ = 0.3, $P_{local-move}$=0.5, $P_{level2-sibling-move}$ = 0.3으로 가정하였다[2,9].

성능 평가 결과, 본 논문에서 제안하는 방법이 Ratnam의 방법 [8]에 비해 호 이동율에 관계없이 항상 성능이 우수함을 알 수 있었다(그림 5 참조).

그림 6은 제안하는 방법에서 호 이동율 변화에 따른 클러스터 개수 대 전체 비용을 보여준다. 호 이동율에 관계없이 시스템내의 클러스터 개수가 작아지
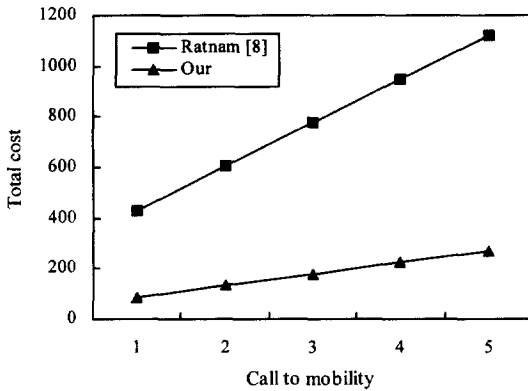
그림 5. 평균 호 이동율에 따른 전체 비용
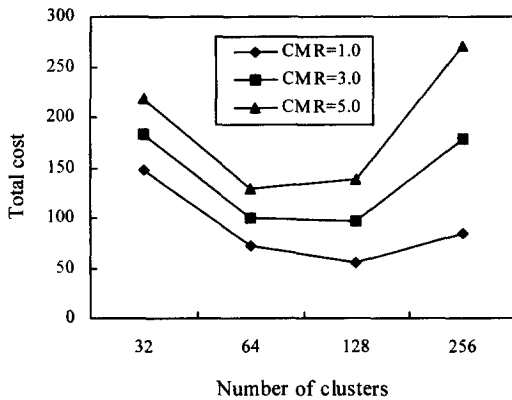
그림 6. 클러스터 개수 대 전체 비용

면 (많은 개수의 LR들로 클러스터를 구성하는 경우) 갱신비용의 증가로 전체비용이 많아지고, 반면에 시스템내의 클러스터 개수가 많아지면 (작은 개수의 LR들로 클러스터를 구성하는 경우) 탐색비용의 증가로 전체비용이 많아짐을 알 수 있다. 따라서 시스템내의 적절한 클러스터 개수의 선택이 알고리즘의 성능에 영향을 미침을 알 수 있다. 여기서 클러스터 개수가 64개 또는 128개 일 때 좋은 전체 비용을 보여주고 있다. 따라서 32×32 망사 위상으로 구성된 1,024개의 LR들을 갖는 IMT-2000 시스템에서는 8개 또는 16개의 LR들로 클러스터를 구성하고, 그 클

그림 7. 위치 레지스터 개수와 매개변수 값에 따른 전체비용

러스터들로 3-단계 계층구조를 형성하여 위치 정보를 관리하는 것이 좋다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 호 이동율이 3.0이고 클러스터가 8개의 LR들로 구성된 경우에 시스템내의 위치 레지스터 개수와 성능 평가 매개변수에 따른 전체 비용의 변화를 보여준다. 여기서는 표 3과 같은 3가지 경우를 성능 평가하였다.

그림 7로부터 시스템이 관리하는 위치 레지스터 개수가 많아질수록 전체 비용은 점차 증가하고, 호 연결 요청과 위치 갱신의 국소성이 높을수록 우수한 성능을 제공한다는 것을 알 수 있다. 특히 위치 질의 국소성과 위치 이동 국소성이 높은 사례 B와 C의 경우에 위치 레지스터 개수의 증가에 비해 전체 비용의 증가는 상대적으로 작음을 알 수 있다. 일반적으로 이동망에서 이동 사용자들은 위치 질의 국소성과 위치 이동 국소성을 가지므로 제안하는 위치 관리 알고리즘은 대형 PCS 또는 글로벌 로밍을 제공하는 IMT-2000 시스템에 적합할 것이다.

6. 결 론

IMT-2000은 단일 주파수 대역의 동일 무선 접속 방식을 사용하여 글로벌 로밍을 통해 전 세계를 단일 통화권으로 구성할 수 있고, 고대역폭으로 빠른 속도

표 2. 성능 평가된 사례들의 매개변수 값

사 례	$P_{find\text{-}hot}$	$P_{local\text{-}to\text{-}level1}$	$P_{local\text{-}to\text{-}level2}$	$P_{local\text{-}move}$	$p_{level2\text{-}sibling\text{-}move}$
A	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3
B	0.7	0.4	0.3	0.4	0.3
C	0.9	0.6	0.3	0.6	0.3

를 지원해 기존 음성 서비스뿐만 아니라 이미지, 동화상을 비롯해 영상전화, 인터넷 접속 등 무선 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 음성 서비스는 기본이고 기존 텍스트 위주의 무선 데이터 서비스를 넘어 다양한 형태의 애플리케이션 활용이 가능함에 따라 생활의 한 부분으로 자리잡고 있는 인터넷 사용을 무선 이동 통신에서 자유롭게 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. IMT-2000 서비스는 크게 이동성 서비스, 대화형 서비스 그리고 분배 서비스로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 하나의 단말기를 이용, 언제 어디서나 원하는 서비스를 받을 수 있는 이동성 서비스를 지원하는 위치 관리 기술을 연구하였다.

본 논문에서는 IMT-2000 시스템에서 글로벌 로밍을 지원하기 위하여 단말기 이동성을 제공하는 분산 동적 위치 관리 방법을 제안하고, 분석적 모델을 통하여 성능을 평가하였다. 그 결과, 제안하는 방법이 호 이동율에 관계없이 Ratnam [8]의 방법보다 우수한 성능을 제공하였다. 1,024개의 LR을 갖는 IMT-2000 시스템에서 8개 또는 16개의 LR들로 클러스터를 구성하고, 그 클러스터들로 3-단계 계층구조를 형성하여 위치 정보를 관리하는 것이 최적의 성능을 제공한다는 것을 알 수 있었다. 그리고 시스템이 관리하는 위치 레지스터 개수가 많아지더라도 증가하는 전체 비용은 적어 대형 PCS 또는 IMT-2000 시스템에 적합한 알고리즘임을 알 수 있었다. 결과적으로, 제안하는 방법에서는 이웃한 LR들로 클러스터를 구성하여 이동 국소성을 얻을 수 있었고, hot MT의 위치 정보는 단계-2와 단계-3의 다수의 LR들에 저장하여 빠른 액세스가 가능하도록 하였고, 그리고 cold MT의 위치 정보는 단계-2와 단계-3의 부분 LR들에서 관리되므로 상위 단계(단계-2와 단계-3)의 LR들의 방대한 질의 부하와 용량 부하를 크게 감소시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 임선배, 박정현, "IMT-2000 시스템에서 이동성 관리," *정보처리학회지, 5권, 3호*, pp.14-21, 1998. 5

[2] R. Prakash, M. Singhal, "A Dynamic Approach to Location Management in Mobile Computing Systems," Dept. of Computer and Information Science, The Ohio State Univ., Technical Report, OSU-CISRC-4/96-TR22, p. 15, 1996.

[3] Mamoru Maekawa, Arthur E. Oldehoeft, Rodney R. Oldehoeft, *Operating Systems Advanced Concepts*, The Benjamin/Cummings Pub., 1987.

[4] S. Mohan, R. Jain, "Two User Location Strategies for Personal Communications Services," *IEEE Personal Communications*, pp. 42-50, 1994.

[5] P. Krishna, N. H. Vaidya, D. K. Pradhan, "Efficient Location Management in Mobile Wireless Networks", Technical Report #96-030, Dept. of Computer Science, Texas A&M Univ., p. 49, July 1996.

[6] S. Biaz, N. H. Vaidya, "Tolerating Visitor Location Register Failures in Mobile Environments", *Proceedings of the 17th IEEE SRDS '98*, Oct. 1998.

[7] Y. B. Lin, W-N Tasi, "Location Tracking with Distributed HLRs and Pointer Forwarding", *IEEE Trans. on Vech. Techno.*, 47(1), pp. 58-64, 1998.

[8] K. Ratnam, I. Matta, S. Rangarajan, "A Fully Distributed Location Management Scheme for Large PCS," *Proceedings of the 5th IEEE symposium on ISCC'2000*, July 2000.

[9] S. Tabbane, "An Alternative Strategy for Location Tracking," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No. 5, pp. 880-892, 1995

[10] Ihn-Han Bae, "A Quorum-Based Dynamic Location Management Method for Mobile Computings," *Proceedings of of 6th IEEE RTCSA'99*, pp. 398-401, Dec. 1999.

[11] Sun-Jin Oh, Jae-Gyeong Lee, Ihn-Han Bae, "A Distributed Dynamic Location Management Scheme for Mobile Computing Systems," *Proceedings of the 6th APCC'2000*, pp. 622-626, Oct. 2000.

배 인 한

1984년 경남대학교 전자계산학과 (학사)
1986년 중앙대학교 전자계산학과 (석사)
1990년 중앙대학교 전자계산학과 (박사)
1996년~1997년 Computer and Information Science, The Ohio State University (Postdoc)
1989년~현재 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수
관심분야 : 무선인터넷, 이동망, 멀티미디어 시스템, 이동 에이전트

이 주 영

2000년 대구효성가톨릭대학교 전자정보공학부(학사)
2000년~현재 대구가톨릭대학교 대학원 전산통계학과 전산전공(석사과정)
관심분야 : 무선인터넷, 이동망, 멀티미디어 시스템